10.

DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EN LA RECEPCION PUBLICA DEL

EXCMO. SR. D. LUCIO DEL VALLE.



MADRID:
IMPRENTA Y LIBRERÍA DE DON EUSEBIO AGUADO.—PONTEJOS, 8.
—
1861.

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. LUCIO DEL VALLE.

INFLUENCIA

QUE HAN TENIDO LOS PROGRESOS DE LAS CIENCIAS EXACTAS EN LAS ARTES DE CONSTRUCCION Y MAS ESPECIALMENTE EN LAS QUE ENTRA EL HIERRO POR PRINCIPAL ELEMENTO.



I.

La Real Academia de Ciencias de Madrid ha tenido la dignacion de elejirme para ser contado en el número de sus individuos: al dispensarme un honor tan inesperado para mí, y tan superior á mis escasos merecimientos, me ha impuesto deberes sagrados, que temo con harto fundamento no tener fuerzas para llenar como desearia, pero que, tales cuales sean, las emplearé con entusiasmo para no dejar defraudadas por completo las esperanzas de tan ilustrada Corporacion, y para corresponder en cuanto esté de mi parte á la señalada distincion con que me ha favorecido.

El cumplimiento del primero de estos deberes me trae hoy á este lugar, donde tantas veces se han dejado oir las inspiraciones del genio, las voces del saber, los acentos de la elocuencia, por los distinguidos Académicos que me han precedido; y si todos ellos, á pesar de sus recomendables circunstancias, á pesar de los honrosos títulos con que se presentaban á la consideracion de la Academia, se han creido en la necesidad de reclamar su indulgencia, ¿qué me sucederá á mí, falto de dotes oratorias, sin títulos para reclamar la

benevolencia de este distinguido auditorio, y mas avezado al ejercicio de mi profesion, al trabajo de las construcciones, que á las conferencias y discursos Académicos? Otras circunstancias concurren además para turbar mi imaginacion, y embarazan mis sentidos en este momento. Es la una la dolorosa impresion causada por el reciente fallecimiento de mis dignísimos maestros los Señores D. Francisco Travesedo y Don Gerónimo del Campo; pena que se reproduce ahora en muy alto grado al notar en este sitio la falta de tan esclarecidos miembros, quienes, merced á su saber y á sus virtudes, lograron llegar á la cumbre de sus respectivas carreras con honra para su patria, con utilidad para las ciencias, con provecho de la enseñanza, y con gloria inmarcesible para sus nombres.

Otra de las circunstancias á que antes aludia es el distinguido Académico, á quien sustituyo, D. Pedro Miranda, mi antiguo y apreciable Gefe. Ingeniero inteligente cual pocos y laborioso como el que mas, ha dejado en esta Academia un puesto harto dificil de reemplazar. La bien entendida organizacion de los diferentes ramos del vasto servicio de las obras públicas, y el fomento que estas recibieron durante la administracion del Sr. Miranda, son títulos que harán recordar siempre dignamente al antiguo Director de caminos, canales y puertos; así como son pruebas notorias de su inteligencia como ingeniero, el puente colgado de Aranjuez, el ferro-carril de Madrid á aquel Real Sitio, la canalizacion del Ebro, y otros tantos trabajos en que tomó una parte muy activa.

El vacío de este hombre probo, de este Administrador celoso, de este ingeniero ilustrado, de este Académico distinguido, soy llamado á llenar en la Academia; y no se estrañará por lo mismo la zozobra que me domina, y el temor

de no poder corresponder á lo que esperan de mí los que me han enaltecido con su eleccion. A pesar de todo, y confiado en la indulgencia que es siempre compañera de la superioridad y del saber, voy á tener el honor de someter algunas consideraciones generales sobre la influencia que han tenido los progresos de las Ciencias exactas y naturales en las artes de construccion, y mas principalmente en las en que entra el hierro por principal elemento.

II.

Cuando se compara el estado de las construcciones en la antigüedad con el que tienen en nuestros dias, no se puede menos de admirar la diferencia que existe entre ellas: el escaso número de las primeras con el infinito de las que se construyen hoy; las pequeñas dimensiones de aquellas con las colosales de los tiempos modernos; el distintivo de las mayores de la antigüedad, en las que solo se ve el triunfo del poder, del tiempo, del dinero, como en los acueductos romanos, en las pirámides de Ejipto, en las murallas de la China, y el caracter especial de las de nuestros dias, de proporciones análogas, en las que se halla impreso el sello del saber y el triunfo de la ciencia, como se advierte en el puente tubular de Inglaterra, en el del Canadá, en el tunel del Támesis, en el de los Alpes, en el cable trasatlántico, y en tantas otras obras que sería largo enumerar.

Pero si se observan tambien los cortos progresos que han hecho las ciencias físicas hasta fines del siglo XVI y el rápido vuelo que han tomado desde esta época, no se estrañará entonces la lentitud en los adelantos de las artes de construccion que tienen su fundamento en aquellas ciencias. En el

primer período solo se encuentran lijeras mejoras hechas á largos intérvalos, y una completa indiferencia por parte de la Sociedad, que entregaba los descubrimientos ya obtenidos á una especie de olvido, y que cuando mas los consideraba como curiosidades literarias, mas bien que como cosas que tuviesen un interés y valor intrínseco. Algunos individuos aparecian de siglo en siglo que apreciaban su importancia, que esperimentaban esa necesidad de conocimientos que suple á todo lo demás en los entendimientos de un orden elevado, pero que por falta de direccion en los estudios, por no conocer bien el fin á que se queria llegar, por no saber apreciar las ventajas que podian obtenerse de un sistema de investigaciones ligadas entre sí, y sobre todo por la apatía respecto de cuanto no se referia á los objetos de la vida, hicieron fracasar esas tentativas accidentales, y las estorbaron imprimir un impulso firme y regular á la ciencia, que además se concentraba entonces en una region sobrado inaccesible para la inteligencia vulgar. Un temblor de tierra, un cometa, un metéoro ígneo, un eclipse llamaba, en aquella época como ahora, la atencion general, formándose por todas partes las conjeturas mas estrañas sobre las causas que producian esta especie de fenómenos; pero no se suponia que las ciencias pudieran ejercerse sobre objetos comunes, que se ocupasen de las artes mecánicas, ni que descendieran á las minas, á los laboratorios, á los talleres.

Difícil es, sin embargo, suponer que todas las indicaciones de la naturaleza hayan pasado desapercibidas antes que el descubrimiento de la imprenta permitiera á cada uno publicar sus ideas: pero llegó, en fin, con esa maravillosa invencion el momento en que cada inspiracion feliz, cada hecho importante fue conservado cuidadosamente, y propagado de un estremo al otro del globo; y de aquí esas grandes y

no interrumpidas mejoras en todos los ramos del saber humano, sin que ciencia alguna haya dejado de participar de la poderosa influencia de tan notable invento.

Si me fijase en las que se conocen con el nombre de ciencias físico-matemáticas, habria de llenar muchos volúmenes con la enumeracion de los adelantos que han tenido de dos siglos á esta parte; y por lo tanto solo haré resaltar algunos de los que mas conducen á nuestro objeto, citando en primer lugar las máquinas de vapor.

Sin los notables progresos de la física y de la mecánica sobre las propiedades de los gases y vapores, y sobre las relaciones de sus volúmenes, densidades, temperaturas y fuerzas elásticas, no hubiera sido dable ciertamente crear esos grandes medios de ejecucion de los trabajos humanos, que aumentando hasta un punto increible el poder del hombre, han llevado su accion y el sello de la inteligencia á todos los ramos de la industria en general, en los trabajos sedentarios y movibles, en los que se ejecutan con una fuerza diminuta, en los que la exijen superior, en los que se practican en la tierra y en el mar, en su superficie y en su fondo, y en los que quizá se verifiquen algun dia en las regiones de la atmósfera.

De todas las mejoras que se deben á tantos ilustrados ingenieros y fabricantes como incesantemente concurren á perfeccionar las máquinas de vapor, haciendo de ellas el motor universal, el motor por escelencia, habré de prescindir en este escrito, para indicar únicamente que sin el concurso de aquellos poderosos ajentes, no se verian hoy realizadas la mayor parte de esas obras colosales que constituyen con sobrada justicia el orgullo de los tiempos modernos. No menos importantes, ni menos indispensables que los progresos de las máquinas de vapor, son los que ha hecho la química en los diversos materiales de construccion, y muy especialmente en

la fabricacion de los morteros hidráulicos, para llevar á cabo tantas obras como hoy esparcen su benéfica influencia sobre la humanidad en todos los pueblos. Sin los perseverantes estudios de Mr. Vicat, que condujeron á este sabio ingeniero á señalar las piedras naturales susceptibles de producir cales insolubles; sin los mas recientes aún acerca de las materias hidráulicas capaces de resistir á la accion del mar; y sin otros ensayos y aplicaciones hechas en tan importante asunto por profesores de reconocido mérito en las ciencias quimicas, de seguro habríamos estado perpétuamente condenados á la mezcla de Loriot, á la puzolana de Italia y á otras diversas sustancias que, si bien á propósito para ciertos usos, ni por su calidad, ni por su coste podian haberse empleado en las inmensas construcciones que se han llevado á cabo en todos los païses, y en las mas notables aún que se proyectan y estudian para realizarlas mas tarde.

No son tampoco de menor interés para las artes de construccion los adelantos que estas mismas ciencias han introducido en las distintas industrias que con aquellas se ligan.

La preparacion de asfaltos, betunes y estucos; la fabricacion de piedras artificiales, de ladrillos, tejas, baldosas, tubos y demás productos cerámicos; el aserrado, labra y conservacion de las maderas; las numerosas aplicaciones del vidrio y del cristal, del papel y del carton, del cautchou y de la guta-percha, y de tantos otros materiales desconocidos unos por completo y otros sin utilidad alguna en las obras antiguas, dan lugar á observaciones comparativas cuyo resultado fijaria bien claramente el grado de perfeccion á que se ha llegado en nuestros dias. No molestaré, sin embargo, la atencion de la Academia, con tal discusion, para detenérme un momento en los rápidos progresos que ha hecho la fabricacion del hierro y su empleo en las obras.

III.

¡Cuán diversa es la índole de estas, y cuánto se diferencian los preceptos de hoy respecto de construccion de los que se daban en otros tiempos! No han pasado aún muchos años desde la época en que se proscribia el uso del hierro como un inconveniente para la seguridad de las edificaciones, como un defecto de buena construccion, como una prueba de la escasez de recursos en el autor del proyecto. Muy lejos estoy de criticar en absoluto aquellas reglas, en que habia mucho de fundado, si bien se resentian del atraso en la fabricacion del hierro, de la falta de un conocimiento exacto sobre su resistencia á las diversas fuerzas á que puede hallarse sometido, y de la carencia de medios químicos para evitar su degradacion.

Cierto que con el empleo esclusivo de los antiguos materiales, el ladrillo, la piedra y la cal, se han ejecutado y pueden ejecutarse con suma solidez obras grandes y atrevidas; pero no es menos cierto tambien que se hallaban estas encerradas en estrechos límites, de que no era dable pasar, y que hoy se han ensanchado prodigiosamente con el uso del hierro en sus diversas formas y estados, imprimiendo un sello característico á las construcciones modernas.

Hagamos, pues, un ligero resúmen á grandes trazos de la marcha que ha seguido la fabricacion de tan útil metal, para poder apreciar mejor la importancia que tienen sus numerosas aplicaciones á las obras de nuestros dias.

IV.

El empleo del hierro se remonta á la mayor antigüedad, y España, por la abundancia de sus criaderos, fue ciertamente de los primeros paises que hicieron uso de él con alguna utilidad. Los fenicios tomaron una parte muy activa en la propagacion de este metal entre los pueblos con quienes se hallaban en relaciones; vinieron en seguida los cartagineses, que sucediéndoles en el comercio del mundo, continuaron la esplotacion de las minas españolas; y los romanos, que llegaron despues, encontraron todavía inagotables los criaderos de tan precioso mineral.

Los procedimientos de fabricacion usados por los antiguos no pudieron tener la generalidad y perfeccion de los que ahora se observan; al contrario, debian variar mucho con la naturaleza de los minerales, las necesidades, los recursos, y el genio de los pueblos que los trabajaban. Siglos enteros trascurrieron sin mejorar sensiblemente los métodos primitivos, cuyo primer cambio favorable fué el de sustituir la leña por el carbon vejetal para la fusion de la mena en los hornos de piedra, agregándose mas tarde sopletes movidos á brazo, á fin de establecer una corriente contínua de aire forzado, que elevase convenientemente la temperatura en el hogar, y permitiese hacer las operaciones todas con mayor regularidad.

Tales fueron los primeros progresos en el arte de tratar los minerales de hierro. En los paises en que la naturaleza de estos exigia para su reduccion un contacto muy prolongado con los gases desoxidantes emanados de la combustion del carbon, fué preciso aumentar poco á poco la altura de los hornos primitivos, á medida que se agotaban los minerales de mas fácil tratamiento, y al paso tambien que las mejoras in-

troducidas en los sopletes permitian emplear una corriente de aire mas rápida y abundante. El uso de estos *hornos elevados* se esparció mas pronto que el de los anteriores; pero desde la primera esplotacion de las minas de Stiria, á principios del siglo VIII, fué cuando adquirieron la mayor importancia, estableciéndose sucesivamente en Alemania, Alsacia, Borgoña, Bohemia y Suecia. La altura de los hornos fué creciendo despues mas y mas, lo que les valió el nombre de *altos hornos*, que aún conservan; variando asimismo la forma y dimensiones de sus diferentes partes, sustituyendo en 1620 los antiguos sopletes de cuero con sopletes de madera, y adoptando mas tarde las trompas inventadas en Italia, y que han sido desde entonces el auxiliar poderoso de todas las forjas catalanas que pueden disponer de un gran salto de agua.

A partir del descubrimiento de la fundicion, la siderurgia se dividió naturalmente en dos ramos muy distintos, la produccion del hierro fundido y la fabricacion del hierro dulce, teniendo por base fundamental de las operaciones la *conversion sucesiva de los minerales, primero en fundicion* y despues en *hierro maleable*. Como era natural, aquel primer paso hácia la division del trabajo cambió completamente la faz de esta industria, ejerciendo sobre sus ulteriores progresos la mas notable y feliz influencia.

La adopcion de los altos hornos y de los hornos de afinacion imprimió un vuelo rápido á la fabricacion del hierro, especialmente en Suecia, Inglaterra, Alemania y Francia; pero á fines del siglo pasado disminuyó en todas partes el número de los altos hornos establecidos, y aumentó el producto en cada uno de ellos. Esta segunda circunstancia fué debida á los contínuos adelantos del arte, y principalmente á las mejoras introducidas en la alimentacion del aire, sustituyendo los sopletes trapezoidales de madera con las *máquinas soplan-*

tes de cilindro. La primera, esto es, la disminucion general de los aparatos, fué ocasionada por el aniquilamiento de los bosques, y la consiguiente escasez cada dia mayor del carbon de leña, y sin embargo, esta desgraciada circunstancia, fué orígen de un progreso inmenso en la metalúrgia del hierro; el empleo del *carbon mineral.*

El pais que empezó á sentir los efectos de la falta del combustible vegetal fue Inglaterra, que veia apagarse unos tras otros sus hornos, al paso que se multiplicaban en el continente. En tal estado se acometió allí la idea de sustituir el carbon de leña con la ulla de Newcastle; y despues de mil contrariedades y de infructuosas tentativas, se llegó á producir la fundicion por medio del cok, en tan buenas condiciones como la que se obtenia con el otro combustible, y con una notabilísima disminucion en su coste. A facilitar y apresurar la fabricacion con el cok, vinieron tambien las primeras aplicaciones de las máquinas de vapor, libertándose las fábricas de la servidumbre de los saltos de agua, estableciéndose cerca de las cuencas carboníferas y de los terrenos metalíferos, aumentándose las dimensiones de los hornos y el poder de las máquinas soplantes, y llegando, en fin, á obtenerse cantidades inmensas de fundicion, habiendo horno que producia hasta 140 toneladas por semana, cuando antes apenas daba tres el de mejores condiciones.

No era bastante el obtener hierro fundido por medio del carbon mineral, si no se llegaba á conseguir tambien el hierro maleable; mejora que igualmente se ha alcanzado, merced á esa profunda y tenaz perseverancia con que se dedican los ingleses á la realizacion de las ideas útiles.

La sustitucion de la ulla á la madera ha sido, pues, la solucion de un gran problema para todas las naciones, que ven desaparecer gradualmente el antiguo elemento de la industria

metalúrgica. Hoy ya el hierro y la fundicion que se podria fabricar con carbon de leña, serian del todo insuficientes para alimentar el desarrollo industrial á que hemos llegado; el hierro de ulla nos es absolutamente indispensable, y lo será todavía mas para las generaciones futuras, que de aquí á una época no muy remota, se verán precisamente obligadas á no consumir otro alguno.

Nuestro pais, tan rico en minerales y en criaderos de carbon, no podia ni debia ser insensible á estos adelantos, y de muy antiguo se hallaba establecida la industria del hierro. pero solo por el sistema llamado á la catalana, con el que nunca puede producirse en gran escala. En Vizcaya se han elaborado siempre hierros de clase tan superior como la de los mejores ingleses, pero en tan corta cantidad que no bastaban ni con mucho para las necesidades del consumo. En el año 1825, cuando la ley de minas abrió un ancho campo á la metalurgia española, se pensó seriamente en plantear en Andalucía fábricas de hierro por el método inglés, y despues de varios ensayos costosísimos, principiaron á funcionar algunos altos hornos en 1830. Desde entonces han ido estendiéndose y hoy existen catorce grandes fábricas con altos hornos á la inglesa en Málaga, Sevilla, Asturias, provincias Vascongadas, Castilla, Leon, Galicia y Cataluña, las cuales producen anualmente cerca de 600.000 quintales, sin contar con otros 200.000 que se obtienen por el método antiguo ó directo.

Estas cifras, bien cortas en verdad con relacion á la que representa el consumo cada vez mas creciente en nuestro pais, no hay que esperar que aumenten de una manera notable, ínterin la industria del hierro no se ponga en condiciones ventajosas. Ya lo hemos dicho: el empleo del carbon mineral es el caracter distintivo del sistema inglés, y el que mas ha influido en el estraordinario vuelo que ha tomado la

industria del hierro en la Gran-Bretaña. El coste del carbon empleado en esta fabricacion en España es cuando menos un 65 por 100 del gasto total, y eso que solo se hace uso del de leña en la fundicion. Con tan enorme recargo no es posible esperar resultados satisfactorios; y no los habrá de manera alguna mientras no varíen radicalmente los medios de trasporte. Cuando los criaderos de Belmez y Espiel se comuniquen por ferro-carril con las fábricas de Andalucía, cuando suceda lo propio con los criaderos de San Juan de las Abadesas y las fábricas catalanas, con los de Mieres y Sabero y las asturianas y gallegas, con los de Leon y Palencia y las castellanas; cuando en estos criaderos se haga el cok en condiciones acomodadas para su buen empleo en las ferrerías, entonces la fabricacion de nuestro pais adquirirá un portentoso desarrollo, presentando en sus mercados los hierros españoles obtenidos con el carbon mineral, y tambien los que se continuarian fabricando con el vegetal, que son preferidos para ciertos usos, y que aún son buscados hasta por los ingleses á pesar de su escesivo precio.

V.

Hecha esta ligerísima reseña de la marcha que ha seguido la produccion y fabricacion del hierro, paso á indicar brevemente algunas de las mas importantes mejoras hechas en nuestros dias, citando despues sus notables aplicaciones.

Sería del mayor interés el investigar ante todo cuál haya de ser el principio que debe guiar hoy al constructor en la concepcion de las obras destinadas á vencer dificultades desconocidas anteriormente; pero no es menos útil el señalar los progresos industriales que han hecho posible la realiza-

cion de tales concepciones. De veinte años acá, estos progresos se refieren especialmente á la preparacion de los elementos de las construcciones, y se han manifestado por un caracter general, á saber: *sustitucion de los productos y materiales naturales por los manufacturados y artificiales.*

Las primeras tentativas para introducir los metales en la edificacion debieron naturalmente contentarse con formas y dimensiones que estaban muy lejos de prestarse á las exijencias de combinacion económica; y sin embargo tratábase de sustituir con esta materia toda clase de piezas horizontales de madera, así como los apoyos verticales de fábrica. Barras de hierro forjado de seccion rectangular, cuadrada ó circular, y columnas macizas de fundicion, eran los únicos recursos que la industria podia ofrecer al constructor.

La insuficiencia de estos medios para el objeto que se deseaba hubo de plantear bien pronto la cuestion bajo el verdadero punto de vista, en la seguridad de que ningun adelanto notable podria hacerse en el arte de las construcciones sin que se resolviera de antemano el gran problema siguiente: *dar al hierro formas tales y de tal modo combinadas, que bajo las cargas que hubieran de soportar, cada elemento estuviese sometido á esfuerzos en relacion con su resistencia;* ó en otros términos, *disponer el metal de manera que ninguna porcion de este quedara inutil ó mal empleada durante el trabajo de resistencia que se opera bajo las cargas permanentes y accidentales.*

Para llegar á este fin lo mas sencillo era acudir á la fundicion, que parecia dejar mas campo á la variedad de formas que podian ser reclamadas; y en efecto, con el hierro fundido se hicieron los primeros ensayos. Adoptáronse para ello modelos que permitieran fundir los pies derechos verticales huecos en el interior, para repartir las presiones sobre una base mas ancha que los de seccion maciza; formáronse

vigas dispuestas segun los principios teóricos; hiciéronse numerosos esperimentos para comprobar cuánto mas resiste el hierro fundido á la compresion que no al estiramiento; y, consecuencia de estas observaciones, se obtuvo la manera de llegar al máximum de estabilidad y de resistencia con el mínimum de material y de gastos. No tardó, sin embargo, mucho tiempo en conocerse que la fundicion, en virtud de su poca elasticidad y de su facil rotura por la accion de los choques, no presentaba todas las garantías de seguridad que deben exijirse en la obra.

El problema, por lo tanto, no estaba aún resuelto completamente: y además de esto, el peso considerable que es preciso dar á las vigas macizas desde que miden seis ó siete metros de longitud; la dificultad que presenta el achaflanar estas piezas en la hoja vertical en que el metal trabaja poco; la baja de los precios de los hierros forjados, debida especialmente á la generalizacion del pudlage por medio de la ulla, han sido causas bastantes para hacer que la atencion de los ingenieros se dirija hácia el hierro maleable, utilizando su mayor ligereza en las piezas, y obteniendo de su empleo mayor seguridad en las edificaciones.

La justa preferencia dada al hierro forjado en muchos casos ha operado en las ferrerías cambios notables de fabricacion, se han ideado cilindros y laminadores enteramente nuevos, y sobre todo se ha visto aparecer un variadísimo número de esas piezas que han tomado el nombre de *hierros de T* y de *cornieres* ó *escuadras*, las cuales, hábilmente combinadas con las planchas de hierro plano conocido por el nombre de *palastro*, permiten realizar facil y económicamente las concepciones mas atrevidas. A pesar de esto, hay ciertos empleos que parecen reservados á la fundicion, atendida su enorme resistencia á la presion, y la libertad que deja para apropiarla

á las formas tan variadas como pueden exijir las necesidades del constructor.

Una de las objeciones que se hacen á las obras de hierro es el esmero que exije su conservacion para evitar el que se oxiden: si existiera un medio de preservar por completo las superficies metálicas de la alteracion que esperimentan espuestas á la accion atmosférica ó al contacto del agua, el hierro adquiriria un campo de aplicaciones infinitamente mas estenso que el que tiene en la actualidad. La galvanizacion ha producido ya resultados muy felices bajo este concepto, y por eso se va generalizando cada dia mas en el arte de las construcciones de hierro, á pesar de su coste algun tanto elevado, y á pesar de la disminucion de resistencia que produce en el metal. El inconveniente que puede objetarse á la galvanizacion consiste en que nunca es del todo eficaz, porque la cubierta de zinc no se adhiere sino sobre las partes perfectamente puras, y deja en descubierto las juntas del hierro en que subsisten despues del pudlage algunas materias no metálicas. Esta falta de continuidad en la cubierta da muy facil acceso á la oxidacion, la cual, segun opinan algunos físicos distinguidos, es tanto mas enérgica, cuanto que el hierro y el zinc, en presencia uno de otro, forman un elemento de pila en el que el oxíjeno es atraido sobre el primero de dichos metales con una intensidad aumentada por el fluido eléctrico, desarrollado alli de una manera permanente.

Para evitar este mal se ha creado una industria nueva, cuyo procedimiento estriba en esmaltar con un *silicato* económico la superficie que se trata de protejer; habiéndose obtenido ya muy buenos resultados de su aplicacion, para que nos sea lícito esperarlos mayores cuando se generalice su uso con la necesaria baratura.

VI.

Si hubiera ahora de citar las construcciones modernas en que se han puesto en práctica las mejoras que dejo apuntadas, preciso sería enumerar una gran parte de las obras mas notables de nuestra época, pues prescindiendo de los ferro-carriles, que tan inmenso desarrollo van adquiriendo en todas las naciones, y cuyo elemento principal presenta un magnífico y portentoso ejemplo del empleo del hierro, los puentes y viaductos de diversas formas y dimensiones, las armaduras y cubiertas de los edificios, las torres de los faros, las cañerías y sifones, los muelles-embarcaderos, los puentes y presas movibles, las esclusas, y otro número infinito de aplicaciones, aun sin contar las que se refieren á la construccion de buques y maquinaria, nos ofrecerian un campo inmenso de observaciones, que ciertamente harian interminable nuestro trabajo. Por eso, y para no seguir molestando mas la atencion de la Academia, terminaré este escrito reseñando ligeramente las dos obras de hierro mas jigantescas y atrevidas.

Una de ellas es el puente de *Britannia*, construido sobre el estrecho de Menai en el ferro-carril de Chester al puerto de Holyhead, de manera que satisfaciese á la difícil condicion impuesta por el Almirantazgo inglés, de dejar libre para la navegacion una altura de 30,50 metros, sobre el nivel del agua. Esta circunstancia, y otras no menos difíciles que concurrian además en la localidad, hicieron concebir al célebre Stephenson la idea de establecer un tubo rígido de planchas de hierro, por dentro del cual corrieran los trenes como por un túnel aéreo; y así quedó realizada, en efecto, construyendo cuatro grandes tramos, de 70 metros de luz los de los estremos y de 140 los dos centrales.

Las fórmulas generalmente empleadas para el cálculo de las resistencias no eran aplicables á una obra tan nueva por su forma como por su magnitud; fué preciso por lo tanto recurrir á esperimentos directos, y se ensayaron sucesivamente tubos circulares, elípticos y rectangulares, y despues, cuando se adoptó definitivamente esta última seccion, emprendiéronse nuevos ensayos para determinar el número y dimensiones de las planchas metálicas, que hábilmente combinadas y ligadas entre sí, habian de constituir aquel gran puente, en cuya ejecucion entraron 10.540 toneladas de hierro, y en el que se invirtieron cerca de 59 millones de reales.

La otra obra á que me referia es el puente *Victoria* sobre el rio de San Lorenzo, en el Canadá, que puede considerarse muy justamente como el ejemplo mas notable en el mundo en materia de construcciones. Proyectado tambien por el ingeniero Stephenson para el servicio del ferro-carril denominado *Grand-Trunk*, empezaron los trabajos en mayo de 1854, y continuando sin interrupcion en medio de las mayores dificultades que podrian imaginarse, y que fueron todas vencidas con éxito brillante, se logró, en fin, verificar la solemne inauguracion de tan magnífica obra en 25 de agosto del año próximo pasado.

El puente Victoria, de igual sistema que el de Britannia pero de una sola via, mide una línea de 2789 metros, de cuya longitud las dos terceras partes ó sean 2011 metros, corresponden á los tubos de hierro apoyados en 24 pilas y dos estribos, siendo en general de 74 á 75 metros la luz de los tramos, escepto en uno de ellos, que alcanza hasta 100 metros. El peso del hierro, segun cálculos detallados, asciende á 9044 toneladas; la sillería y mampostería de los apoyos de fábrica arroja un volúmen de 8818 metros cúbicos, y en la ejecucion de toda la obra se ha invertido la enorme suma de 145 millones de reales.

Concepcion original, esperimentos numerosos y concienzudos, estudio minucioso de los proyectos, ejecucion atrevida y que demuestra una inteligencia superior en los diferentes ramos de la ciencia del ingeniero, tal es la historia de los puentes de Menai y de San Lorenzo. El sistema de vigas tubulares y celulares en ellos adoptado, es un bello descubrimiento; y cualquiera que sea su porvenir, aun en el caso que deba ser abandonado por innovaciones mas perfectas, su aplicacion á las citadas obras permanecerá siempre como una grande enseñanza, y será otra de tantas pruebas del notable adelanto que en nuestros dias ha llegado á alcanzar el empleo del hierro en las artes de construccion.